

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-339223

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/31  
C23F 4/00  
G11B 5/127  
G11B 5/39

(21)Application number : 10-144445

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 26.05.1998

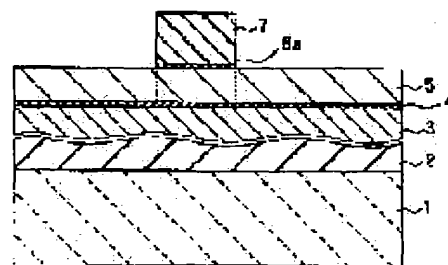
(72)Inventor : SASAKI YOSHITAKA

(54) ETCHING METHOD OF MAGNETIC LAYER, FORMATION OF MAGNETIC POLE FOR THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND MANUFACTURE OF THIN-FILM MAGNETIC HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching method which enables the dimensional control of hyperfine width of a magnetic layer and can shorten a time required for an etching stage.

SOLUTION: In this etching method, an inorganic insulating film consisting of alumina that is the same material as a recording gap layer, is formed on an upper magnetic pole layer 5 by, e.g. a sputtering method. A photoresist film 7 (first mask) is formed on this inorganic insulating film 6 through photolithography. Then, the inorganic insulating film is selectively etched by reactive ion etching (RIE) using a gaseous etchant such as CF<sub>4</sub> (carbon tetrafluoride), BCl<sub>3</sub> (boron trichloride), Cl<sub>2</sub> (chlorine) or SF<sub>6</sub> (sulfur hexafluoride) through the photoresist film 7 as a mask to form an inorganic insulating mask 6a (second mask). The upper magnetic pole layer 5 is selectively removed by, e.g. Ar-(argon) ion milling using the inorganic insulating mask 6a.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 3 9 2 2 3

(43)公開日 平成 1 1 年 ( 1 9 9 9 ) 1 2 月 1 0 日

(51) Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G11B 5/31			G11B 5/31	C
				K
C23F 4/00			C23F 4/00	A
G11B 5/127			G11B 5/127	E
5/39			5/39	

審査請求 未請求 請求項の数 2 0 O L (全 1 8 頁)

(21)出願番号 特願平 1 0 - 1 4 4 4 4 5

(22)出願日 平成 1 0 年 ( 1 9 9 8 ) 5 月 2 6 日

(71)出願人 0 0 0 0 0 3 0 6 7

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

(72)発明者 佐々木 芳高

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 テ  
ィーディーケイ株式会社内

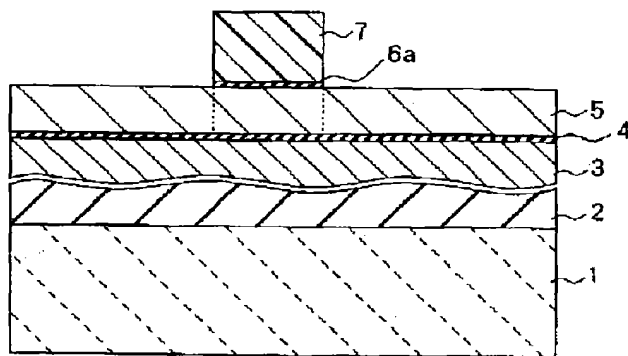
(74)代理人 弁理士 藤島 洋一郎 (外 1 名)

(54)【発明の名称】 磁性層のエッチング方法、薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法および薄膜磁気ヘッドの製造方法

(57)【要約】

【課題】 磁性層の極微細な幅の寸法制御を可能とし、かつエッチング工程に要する時間を短縮できるエッチング方法を提供する。

【解決手段】 上部磁極層 5 上に、例えばスパッタ法により記録ギャップ層と同じ材料のアルミナからなる無機系絶縁膜 6 を形成する。この無機系絶縁膜 6 上にフォトリソグラフィによりフォトレジスト膜 7 (第 1 のマスク) を形成する。次に、フォトレジスト膜 7 をマスクとして、C F<sub>4</sub> (四フッ化炭素)、B C l<sub>3</sub> (三塩化ボロン)、C l<sub>3</sub> (塩素)、S F<sub>6</sub> (六フッ化硫黄) 等のガスエッチャントを用いた反応性イオンエッチング (R I E) により、無機系絶縁膜 6 を選択的にエッチングして無機系絶縁マスク 6 a (第 2 のマスク) を形成する。この無機系絶縁マスク 6 a を用いて、例えば A r (アルゴン) のイオンミリングによって、上部磁極層 5 を選択的に除去する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁性層を所望の形状に加工するための磁性層のエッチング方法であって、

前記磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、  
前記無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、

前記第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより前記無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、

前記第 2 のマスクを用いて前記磁性層を選択的に除去する工程とを含むことを特徴とする磁性層のエッチング方法。

【請求項 2】 第 1 のマスクをフォトリソグラフ膜により形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁性層のエッチング方法。

【請求項 3】 第 1 のマスクをめっき膜により形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁性層のエッチング方法。

【請求項 4】 前記無機系絶縁膜を酸化アルミニウムにより形成することを特徴とする 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の磁性層のエッチング方法。

【請求項 5】 磁性層を高飽和磁束密度の磁性材料により形成することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁性層のエッチング方法。

【請求項 6】 前記磁性層をイオンミリング法によりエッチングすることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の磁性層のエッチング方法。

【請求項 7】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極を含む少なくとも 2 つの磁性層を有する薄膜磁気ヘッドにおける磁極を形成する方法であって、

前記第 1 の磁極または第 2 の磁極に対応する磁性層を成膜した後、前記磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、

前記無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、

前記第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより前記無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、

この第 2 のマスクを用いて前記磁性層を選択的に除去することにより第 1 の磁極または第 2 の磁極の少なくとも一方を形成する工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 8】 前記磁性層のうち記録トラックとなる第 2 の磁極を含む磁性層を、前記無機系絶縁膜の反応性イオンエッチングにより形成された第 2 のマスクを用いて形成することを特徴とする請求項 7 記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 9】 前記磁性層のうち記録トラックとなる第

2 の磁極を含む磁性層を、磁束を誘導するためのヨーク部とは異なる工程で形成することを特徴とする請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 10】 前記磁性層が、磁性膜と、ギャップ層としての無機系絶縁膜とを交互に積層したラミネート構造を有し、前記磁性層を、前記無機系絶縁膜の反応性イオンエッチングと、この反応性イオンエッチングにより形成された第 2 のマスクによる磁性膜のエッチングとを繰り返して形成することを特徴とする請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 11】 第 1 のマスクをフォトリソグラフ膜により形成することを特徴とする請求項 7 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 12】 第 1 のマスクをめっき膜により形成することを特徴とする請求項 7 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 13】 めっき膜を NiFe, NiB, NiP, NiWB および NiWP のうちのいずれか 1 種により形成することを特徴とする請求項 12 に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 14】 前記無機系絶縁膜を酸化アルミニウムにより形成することを特徴とする請求項 7 ないし 13 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 15】 少なくとも第 2 の磁極を高飽和磁束密度の磁性材料により形成することを特徴とする請求項 7 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 16】 前記磁性層のエッチングをイオンミリング法により行うことを特徴とする請求項 7 ないし 15 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法。

【請求項 17】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層からなる第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、この第 1 の磁性層および第 2 の磁性層の間に配設された薄膜コイルとを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第 1 の磁極に対応する第 1 の磁性層を形成する工程と、

前記第 1 の磁性層の上にギャップ層を形成する工程と、  
前記ギャップ層の上に薄膜コイルを形成する工程と、  
前記第 2 の磁極に対応する第 2 の磁性層を形成する工程とを含み、

前記第 2 の磁性層を形成する工程が、  
前記第 2 の磁極に対応する磁性層を成膜した後、この磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、前記無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、前記第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより前

記無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、前記第 2 のマスクを用いて前記磁性層を選択的に除去することにより少なくとも第 2 の磁極を形成する工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 8】 前記第 1 の磁性層の上にスロートハイトを規定する絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 7 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 9】 更に、前記第 1 の磁性層の表面を選択的にエッチングして溝部を形成し、この溝部を含む第 1 の磁性層上に絶縁層を形成した後、第 1 の磁性層と絶縁層との表面が同一面になるように平坦化して前記スロートハイトを規定する絶縁層を第 1 の磁性層の表面に埋め込む工程を含むことを特徴とする請求項 1 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 0】 更に、読み出し用の磁気抵抗素子を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 7 ないし請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高飽和磁束密度材などからなる磁性層のエッチング方法、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法、および薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR (Magnetoresistive) と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。MR 素子としては、異方性磁気抵抗（以下、AMR (Anisotropic Magnetoresistive) と記す。）効果を用いた AMR 素子と、巨大磁気抵抗（以下、GMR (Giant Magnetoresistive) と記す。）効果を用いた GMR 素子とがあり、AMR 素子を用いた再生ヘッドは AMR ヘッドあるいは単に MR ヘッドと呼ばれ、GMR 素子を用いた再生ヘッドは GMR ヘッドと呼ばれる。AMR ヘッドは、面記録密度が 1 ギガビット／（インチ）<sup>2</sup> を超える再生ヘッドとして利用され、GMR ヘッドは、面記録密度が 3 ギガビット／（インチ）<sup>2</sup> を超える再生ヘッドとして利用されている。

【0 0 0 3】 AMR ヘッドは、AMR 効果を有する AMR 膜を備えている。GMR ヘッドは、AMR 膜を、GMR 効果を有する GMR 膜に置き換えたもので、構造上は AMR ヘッドと同様である。ただし、GMR 膜は、AMR 膜よりも、同じ外部磁界を加えたときに大きな抵抗変

化を示す。このため、GMR ヘッドは、AMR ヘッドよりも、再生出力を 3 ～ 5 倍程度大きくすることができると言われている。

【0 0 0 4】 再生ヘッドの性能を向上させる方法としては、MR 膜を変える方法がある。一般的に、AMR 膜は、MR 効果を示す磁性体を膜としたもので、単層構造になっている。これに対して、多くの GMR 膜は、複数の膜を組み合わせた多層構造になっている。GMR 効果が発生するメカニズムにはいくつかの種類があり、そのメカニズムによって GMR 膜の層構造が変わる。GMR 膜としては、超格子 GMR 膜、グラニュー膜、スピンバルブ膜等が提案されているが、比較的構成が単純で、弱い磁界でも大きな抵抗変化を示し、量産を前提とする GMR 膜としては、スピンバルブ膜が有力である。このように、再生ヘッドは、例えば、MR 膜を AMR 膜から GMR 膜等の磁気抵抗感度の優れた材料に変えることで、容易に、性能を向上するという目的を達せられる。

【0 0 0 5】 再生ヘッドの性能を決定する要因としては、上述のような材料の選択の他に、パターン幅、特に、MR ハイトがある。MR ハイトは、MR 素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。この MR ハイトは、本来、エアベアリング面の加工の際の研磨量によって制御される。なお、ここにいうエアベアリング面（ABS）は、薄膜磁気ヘッドの磁気記録媒体に対向する面であり、トラック面ともいう。

【0 0 0 6】 一方、再生ヘッドの性能向上に伴って、記録ヘッドの性能向上も求められている。記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。そのためには、記録ギャップ（write gap）を狭くしてその上下に形成された下部磁極（ボトムポール）および上部磁極（トップポール）のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要があり、そのため半導体加工技術が利用されている。

【0 0 0 7】 記録ヘッドの性能を決定するその他の要因としては、スロートハイト（Throat Height: TH）がある。スロートハイトは、エアベアリング面から、薄膜コイルを電気的に分離する絶縁層のエッジまでの部分（磁極部分）の長さ（高さ）をいう。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイトの縮小化が望まれている。このスロートハイトも、エアベアリング面の加工の際の研磨量によって制御される。

【0 0 0 8】 このように薄膜磁気ヘッドの性能の向上のためには、記録ヘッドと再生ヘッドをバランスよく形成することが重要である。

【0 0 0 9】 ここで、図 2 8 (a)、(b) を参照して従来の薄膜磁気ヘッドの一例として複合型薄膜磁気ヘッドの断面構成を説明する。なお、図 2 8 において、

(a) はトラック面に垂直な断面を示し、(b) は磁極部分のトラック面に平行な断面を示している。この磁気ヘッド100は、再生用の磁気抵抗効果読み出しヘッド部（以下、読み出しヘッド部という）100Aと、記録用のインダクティブ記録ヘッド部（以下、記録ヘッド部という）100Bとを有している。

【0010】読み出しヘッド部100Aは、例えばアルティック（Al; O; -TiC）からなる基板101上に、例えばアルミナ（酸化アルミニウム、Al; O; ）により形成された下地層102、例えば珪化鉄アルミニウム（FeAlSi）により形成された下部シールド層103、例えば酸化アルミニウム（Al; O; , 以下、アルミナという）により形成されたシールドギャップ層104を順次介して磁気抵抗効果層（以下、MR層という）105のパターンを形成したものである。また、シールドギャップ層104上には例えばタンタル（Ta）やタングステン（W）等のMR層に拡散しない材料により形成されたリード端子層105aも形成されており、このリード端子層105aがMR層105に電気的に接続されている。MR層105は、例えばパーマロイ（NiFe合金）やニッケル（Ni）-コバルト（Co）合金など磁気抵抗効果を有する各種材料により形成されている。MR層105およびリード端子層105aの上には例えばアルミナよりなるシールドギャップ層106が積層されている。つまり、MR層105とリード端子層105aとはシールドギャップ層104、106間に埋設されている。

【0011】記録ヘッド部100Bは、この読み出しヘッド部100A上に、MR層105に対する上部シールド層を兼ねる下部磁極107、ギャップ層108を介して上部磁極（上部ポール）109aを形成したものである。ギャップ層108上には絶縁層110が形成され、この絶縁層110上に第1層目の薄膜コイル111と第2層目の薄膜コイル112が積層されている。薄膜コイル111、112はそれぞれシード層111a、112a上にめっき法により形成されている。これら薄膜コイル111、112は絶縁層113、114により覆われており、上記絶縁層110、113、114上に上部磁極109aを含む上部磁極層109が形成されている。上部磁極層109はオーバーコート層115により覆われている。なお、この記録ヘッド部100Bでは、上部磁極109aに対向する下部磁極（下部ポール）107aは、上部シールド層107の表面部分を一部突状に加工したトリム（Trim）構造となっている。

【0012】この磁気ヘッド100では、読み出しヘッド部100Aにおいて、MR層105の磁気抵抗効果を利用して図示しない磁気ディスクから情報の読み出しが行われると共に、記録ヘッド部100Bにおいて、上部磁極109aと下部磁極107aとの間の磁束の変化を利用して磁気ディスクに対して情報が書き込まれる。

【0013】図29ないし図38は、従来の他の複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を表すものである。

【0014】まず、図29に示したように、例えばアルティック（Al; O; -TiC）よりなる基板201上に、例えばアルミナ（酸化アルミニウム、Al; O; ）よりなる絶縁層202を、約5~10μm程度の厚みで堆積する。次に、図30に示したように、絶縁層202上に再生ヘッド用の下部シールド層203を形成する。

【0015】次に、図31に示したように、下部シールド層203上に、例えばアルミナを100~200nmの厚みで堆積し、シールドギャップ膜204を形成する。次に、シールドギャップ膜204上に、再生用のMR素子を構成するためのMR膜205を数十nmの厚みに形成し、高精度のフォトリソグラフィで所望の形状とする。

【0016】次に、図32に示したように、シールドギャップ膜204およびMR膜205上に、シールドギャップ膜206を形成し、MR膜205をシールドギャップ膜204、206内に埋設する。

【0017】次に、図33に示したように、シールドギャップ膜206上に、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いる磁気材料、例えばパーマロイ（NiFe）からなる上部シールド兼下部磁極（以下、下部磁極と記す。）207を形成する。続いて、この下部磁極207上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層208を形成する。更に、この記録ギャップ層208をフォトリソグラフィによりパターンニングし、上部磁極と下部磁極との接続用の開口を形成する。続いて、めっき法によりパーマロイ（NiFe）からなる磁気材料により磁極先端部（ポールチップ）209と共に、上部磁極と下部磁極との接続部パターン209aを形成する。この接続部パターン209aにより下部磁極207と後述の上部磁極216とが接続され、後述のCMP（Chemical and Mechanical Polishing：化学的機械研磨）工程後の開口（スルーホール）の形成が容易になる。続いて、磁極先端部209をマスクとしてイオンミリングによって記録ギャップ層208と下部磁極207とを約0.3~0.5μm程度エッチングする。下部磁極207までエッチングすることにより、実効書き込みトラック幅の広がり防止される（すなわち、データの書き込み時ににおいて、下部磁極における磁束の広がりが抑制される）。

【0018】続いて、図34に示したように、全面に、膜厚約3μmの例えばアルミナからなる絶縁膜210を形成した後、全体をCMPにより平坦化する。その後、フォトレジスト膜211を、高精度のフォトリソグラフィで絶縁膜210上に形成する。続いて、フォトレジスト膜211上に、例えばめっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル212を選択的に形成する。

【0019】次に、図35に示したように、フォトレジ

スト膜 2 1 1 および薄膜コイル 2 1 2 上に、フォトレジスト膜 2 1 3 を、高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成する。続いて、薄膜コイル 2 1 2 の平坦化および薄膜コイル 2 1 2 間の絶縁化のために所定の温度で熱処理する。

【 0 0 2 0 】次に、図 3 6 に示したように、フォトレジスト膜 2 1 3 上に、例えばめっき法により、例えば銅よりなる第 2 層目の薄膜コイル 2 1 4 を形成する。次に、フォトレジスト膜 2 1 3 および薄膜コイル 2 1 4 上に、フォトレジスト膜 2 1 5 を高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成し、薄膜コイル 2 1 4 の平坦化および薄膜コイル 2 1 4 間の絶縁化のために所定の温度で熱処理する。

【 0 0 2 1 】次に、図 3 7 に示したように、磁極先端部 2 0 9、フォトレジスト膜 2 1 1、2 1 3、2 1 5 上に、記録ヘッド用の磁気材料、例えばパーマロイからなる上部ヨーク兼上部磁極（以下、上部磁極と記す。）2 1 6 を形成する。この上部磁極 2 1 6 は、薄膜コイル 2 1 2、2 1 4 よりも後方の位置において、下部磁極 2 0 7 と接触し、磁氣的に連結される。続いて、上部磁極 2 1 6 上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 2 1 7 を形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面（エアベアリング面）2 1 8 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【 0 0 2 2 】図 3 8 および図 3 9 は完成した状態の薄膜磁気ヘッドを表すものである。図 3 8 は、トラック面 2 1 8 に垂直な薄膜磁気ヘッドの断面を示し、図 3 9 は、磁極部分のトラック面 2 1 8 に平行な断面を拡大して示している。図 3 8 において、TH はスロートハイトを表し、MR-H は MR ハイトを表している。また、図 3 9 において、P 2 W は磁極幅を表し、P 2 L は磁極の厚さをそれぞれ表している。

【 0 0 2 3 】薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因として、スロートハイトや MR ハイト等の他に、図 3 8 において  $\theta$  で示したようなエイベックスアングル (Apex Angle) がある。このエイベックスアングルは、フォトレジスト膜 2 1 1、2 1 3、2 1 5 のトラック面側の側面の角部を結ぶ直線と上部磁極 2 1 6 の上面とのなす角度をいう。

【 0 0 2 4 】図 3 9 に示したように、磁極先端部 2 0 9、記録ギャップ層 2 0 8 および下部磁極 2 0 7 の一部の各側壁が自己整合的に形成された構造は、前述のようにトリム構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。なお、図 3 9 に示したように、MR 膜 2 0 5 の側方にはリード層 2 0 5 a が設けられている。

【 0 0 2 5 】

【発明が解決しようとする課題】薄膜磁気ヘッドの性能

を向上させるには、図 3 8 および図 3 9 に示したようなスロートハイト TH、MR ハイト MR-H、エイベックスアングル  $\theta$ 、トラック幅（磁極幅）P 2 W および磁極長 P 2 L を正確に形成することが重要である。

【 0 0 2 6 】本出願では、特に、トラック幅 P 2 W の正確な制御に関する問題点を取り上げる。

【 0 0 2 7 】すなわち、トラック幅 P 2 W は、記録ヘッドのトラック幅を決定するため、正確な形成が要求される。特に、近年は、高面密度記録を可能とするため、すなわち、狭トラック構造の記録ヘッドを形成するために、1.0  $\mu$ m 以下の寸法が要求される。そのためには、トラック幅を決定する磁極先端部 2 0 9 および上部磁極 2 1 6 を微細に形成することが要求される。

【 0 0 2 8 】上部磁極を形成する方法としては、例えば特開平 7-262519 号公報に示されるように、フレームめっき法が用いられる。フレームめっき法を用いて上部磁極を形成する場合は、まず、フォトレジスト膜（例えば、図 2 8 のフォトレジスト膜 1 1 0、1 1 3、1 1 4）で覆われて山状に盛り上がったコイル部分（以下、エイベックス部という。）の上に全体的に、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜（図 2 8 では図示せず）を形成する。次に、その上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりパターンニングして、めっきのためのフレーム（外枠）を形成する。そして、先に形成した電極膜をシード層として、めっき法によって上部磁極を形成する。

【 0 0 2 9 】ところで、エイベックス部では、例えば 7 ~ 10  $\mu$ m 以上の高低差がある。このエイベックス部上に、フォトレジストを 3 ~ 4  $\mu$ m の厚みで塗布する。エイベックス部上のフォトレジストの膜厚が最低 3  $\mu$ m 以上必要であるとする、流動性のあるフォトレジストは低い方に集まることから、エイベックス部の下方では、例えば 8 ~ 10  $\mu$ m 以上の厚みのフォトレジスト膜が形成される。

【 0 0 3 0 】前述のように狭トラックを形成するためには、フォトレジスト膜によって 1.0  $\mu$ m 程度の幅のパターンを形成する必要がある。従って、8 ~ 10  $\mu$ m 以上の厚みのあるフォトレジスト膜によって、1.0  $\mu$ m 程度の幅の微細なパターンを形成する必要が生じるが、これは極めて難しかった。

【 0 0 3 1 】しかも、フォトリソグラフィの露光時に、露光用の光が、例えばパーマロイよりなる電極膜で反射し、この反射光によってもフォトレジストが感光して、フォトレジストパターンのくずれ等が生じる。その結果、上部磁極の側壁が丸みを帯びた形状になる等、上部磁極を所望の形状に形成できなくなる。このように、従来は、トラック P 2 W を正確に制御して、狭トラック構造とするための上部磁極を精度よく形成することが極めて難しかった。

【 0 0 3 2 】このようなことから、図 2 9 ~ 図 3 7 にも

示したように、記録ヘッドの狭トラックの形成に有効な磁極先端部 2 0 9 で  $1.0 \mu\text{m}$  以下のトラック幅を形成した後、この磁極先端部 2 0 9 とヨーク部となる上部磁極 2 1 6 とを接続させる方法、すなわち、通常の上部磁極 1 0 9 (図 2 8) を、トラック幅を決定する磁極先端部 2 0 9 と、磁束を誘導するための上部磁極 (ヨーク部) 2 1 6 との 2 つに分割する方法が採用されている。

【0 0 3 3】しかしながら、このような方法により製造された薄膜磁気ヘッドでも、特に、記録ヘッド側では以下のような問題があり、記録ヘッドの特性改善が妨げられることがある。

【0 0 3 4】すなわち、磁性層 (図 3 3 の磁極先端部 2 0 9) をエッチングして狭トラックを形成する場合、イオンミリングで形成するが、その際、マスクとしてフォトリソ膜を用いているため、フォトリソ膜もイオンミリングで大きくエッチングされてしまう。そのため、エッチングされた磁性層ではエッチングプロファイルに大きな差が発生するという問題があった。これにより磁極先端部 2 0 9 の形状がテーパーを持ち、そのためハーフミクロンやクォータミクロンの極微細な寸法制御が実質的に不可能であった。また、磁性層のマスクとしてフォトリソ膜を用いた場合には、フォトリソグラフィにおいて露光用の光が磁性層から反射し、その反射光によってもフォトリソ膜が感光するため、露光精度が低下するという問題があった。

【0 0 3 5】このようなフォトリソマスクの問題を解消するために、無機材料を磁性層のマスクに用いる薄膜磁気ヘッドの製造方法 (特開平 2 - 4 4 5 1 1 号公報) が提案されている。この方法は、上部磁極上に無機材マスク層を形成し、このマスク層をフォトリソ膜をマスクとしてイオンミリング (イオンビーム) によりエッチングして無機材マスクを形成し、この無機材マスクを介して、引き続き、イオンミリング (イオンビーム) により上部磁極を所定の形状にエッチングするものである。

【0 0 3 6】この方法によれば、上述のフォトリソマスクを用いた場合の問題点は解消される。しかしながら、この従来方法では、無機材のマスクを形成するために、磁性層のエッチング方法と同じイオンミリング法を用いているため、無機材マスクのエッチング工程に時間がかかり、磁性層のエッチング終了までに相当な時間がかかるという問題があった。

【0 0 3 7】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁性層の極微細な幅の寸法制御が可能であり、かつエッチング工程を短縮することができる磁性層のエッチング方法、薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法および薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

【0 0 3 8】

【課題を解決するための手段】本発明による磁性層のエ

ッチング方法は、磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、第 2 のマスクを用いて磁性層を選択的に除去する工程とを含むものである。

【0 0 3 9】本発明による薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法は、磁氣的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極を含む少なくとも 2 つの磁性層を有する薄膜磁気ヘッドにおける磁極を形成する方法であって、第 1 の磁極または第 2 の磁極に対応する磁性層を成膜した後、磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、この第 2 のマスクを用いて磁性層を選択的に除去することにより第 1 の磁極または第 2 の磁極の少なくとも一方の磁極を形成する工程とを含むものである。

【0 0 4 0】本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁氣的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層からなる第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、この第 1 の磁性層および第 2 の磁性層の間に配設された薄膜コイルとを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第 1 の磁極に対応する第 1 の磁性層を形成する工程と、第 1 の磁性層の上にギャップ層を形成する工程と、ギャップ層の上に薄膜コイルを形成する工程と、第 2 の磁極に対応する第 2 の磁性層を形成する工程とを含み、第 2 の磁性層を形成する工程が、第 2 の磁極に対応する磁性層を成膜した後、この磁性層の表面に無機系絶縁膜を形成する工程と、無機系絶縁膜の表面に第 1 のマスクを形成する工程と、第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより無機系絶縁膜を選択的に除去して第 2 のマスクを形成する工程と、第 2 のマスクを用いて磁性層を選択的に除去することにより少なくとも第 2 の磁極を形成する工程とを含むものである。

【0 0 4 1】本発明による磁性層のエッチング方法、薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法では、無機系絶縁膜による第 2 のマスクが第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより形成され、この第 2 のマスクを用いて磁性層 (第 2 の磁性層) のエッチングが行われる。

【0 0 4 2】第 1 のマスクは、具体的には、フォトリソ膜またはめっき膜により形成される。無機系絶縁膜は、例えば酸化アルミニウム (アルミナ、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) や二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) などにより形成される。磁性層は、パーマロイ ( $\text{NiFe}$ ) 等の高飽和磁束密度 ( $H_i - B_s$ ) の磁性材料により形成することが望ましく、



また、第2のマスクを用いた磁性層のエッチングはイオンミリング法により行うことが望ましい。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0044】〔第1の実施の形態〕まず、図1ないし図4を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法について説明する。本実施の形態では、薄膜磁気ヘッドの記録トラックを形成する際に適用した例について説明する。なお、本発明の磁性層のエッチング方法は本実施の形態に含まれるので、ここで併せて説明する。

【0045】本実施の形態では、図1に示したように、例えばアルティック (Al: O:・TiC) からなる基板1上に、例えばアルミナ (Al: O:) よりなる絶縁層2を例えばスパッタリング法 (以下、スパッタ法という) により約3~5 $\mu$ m程度の厚みで形成する。続いて、図示しないが、下部シールド層、記録ギャップ層、MR素子やGMR素子等を形成した後、磁性層、例えばパーマロイよりなる上部シールド兼下部磁極 (以下、下部磁極と記す。) 3を、例えばスパッタ法により約3~4 $\mu$ mの厚みで選択的に形成する。なお、下部磁極3は、本発明における第1の磁極および第1の磁性層に対応する。続いて、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる膜厚約0.2~0.4 $\mu$ mの記録ギャップ層4を形成し、この記録ギャップ層4上に、例えばスパッタ法により、トラック幅を決定するための膜厚2~4 $\mu$ mの上部磁極層5を形成する。上部磁極層5の構成材料としては、例えば、NiFe (Ni: 50重量%, Fe: 50重量%), NiFe (Ni: 80重量%, Fe: 20重量%) などのパーマロイ (NiFe) の他、FeN (窒化鉄), FeZrN (窒化ジルコニア鉄), FeCoZr (窒化コバルト鉄) 等の高飽和磁束密度 (Hi-Bs) 材が用いられる。なお、上部磁極層5は、本発明における第2の磁極および第2の磁性層に対応する。

【0046】続いて、この上部磁極層5上に、例えばスパッタ法により、例えば記録ギャップ層と同じ材料のアルミナからなる膜厚0.3~0.7 $\mu$ mの無機系絶縁膜6を形成する。この無機系絶縁膜6が上部磁極層5のエッチングマスク材となる。続いて、無機系絶縁膜6上にフォトリソグラフィにより、本発明の第1のマスクとしてのフォトレジスト膜7のパターンを形成する。なお、このフォトリソグラフィにおける露光用の光としては、例えばi線 (波長365nm) が用いられるが、これに限らず、g線 (波長436nm)、i線カットの広帯域光、広帯域光、紫外線、エキシマレーザ等のレーザ光、X線、電子線等でもよい。

【0047】次に、本実施の形態では、図2に示したように、フォトレジスト膜7をマスクとして、CF<sub>4</sub> (四フッ化炭素)、BCl<sub>3</sub> (三塩化ボロン)、Cl<sub>2</sub> (塩

素)、SF<sub>6</sub> (六フッ化硫黄) 等のガスエッチャントを用いた反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching, 以下、RIEという) により、無機系絶縁膜6を選択的に除去して、本発明の第2のマスクとしての無機系絶縁マスク6aを形成する。なお、無機系絶縁マスク6aは、アルミナの他、二酸化珪素 (SiO<sub>2</sub>) などにより形成するようにしてもよい。

【0048】次に、図3に示したように、この無機系絶縁マスク6aを用いて、例えばAr (アルゴン) のイオンミリングによって、上部磁極層5を選択的に除去する。この上部磁極層5のイオンミリングの際にはフォトレジスト膜7を除去してもよいが、無機系絶縁マスク6aと一緒にイオンミリングのマスク材として使用してもよい。

【0049】続いて、図4に示したように、無機系絶縁マスク6aをマスクとしたRIEによって記録ギャップ層4を選択的に除去した後、再び、例えばAr (アルゴン) のイオンミリングによって下部磁極3の表面を約0.5 $\mu$ m程度エッチングして、トリム構造を形成する。

【0050】このように本実施の形態では、磁性層 (上部磁極層5および下部磁極3) のエッチングマスクとして、従来のフォトレジストに代えて、無機系絶縁マスク6aを用いるようにしたので、高飽和磁束密度 (Hi-Bs) 材からなる上部磁極層5をサブミクロン寸法に精度良く形成することができる。

【0051】また、前述したように、磁性層のマスクとしてフォトレジスト膜を用いた場合には、フォトリソグラフィにおいて露光用の光が磁性層から反射し、直接フォトレジスト膜に再入射するために露光精度が低下し、マスク自体をサブミクロン寸法に形成することが困難である。これに対して、本実施の形態では、無機系絶縁膜上に形成されたフォトレジスト膜 (第1のマスク) のパターンニングを行う際に、アルミナ等の無機系絶縁膜が光を殆ど吸収する。このため、フォトレジスト膜への反射光が抑制され、露光精度が低下することはない。従って、フォトレジストマスク (第1のマスク) を精度良く形成することができ、これによって無機系絶縁マスク (第2のマスク)、更に磁性層の加工精度が向上する。

【0052】更に、本実施の形態では次のような効果がある。すなわち、上記アルミナなどの無機系絶縁マスク6aを、磁性層のエッチングと同じイオンミリングによってエッチングしようとする、フォトレジストのイオンミリングの場合に比べて、エッチング速度はかなり遅くなる。これに対して、本実施の形態では、無機系絶縁マスク6aを、従来の物理的なイオンミリングとは異なり、物理的エッチングと化学的エッチングを兼ねたRIEにより形成するようにしている。このRIEは、一般にイオンミリングに比べて加工精度が良く、しかもエッチング速度が速い。従って、無機系絶縁マスク6aを高

精度に、かつ速く形成することができる。よって、無機系絶縁マスクの形成から、イオンミリングによる磁性層（上部磁極層 5）のエッチング終了迄の時間を大幅に短縮することができる。因みに、従来のように無機系絶縁マスクのエッチング、およびこの無機系絶縁マスクを用いた磁性層のエッチングにそれぞれイオンミリングを用いた場合には、トラック幅  $P2W$  は  $1.9 \mu m$  が限度である。これに対して、本実施の形態では、無機系絶縁マスクに対する  $RIE$  と、磁性層に対するイオンミリングの 2 つの方法の組み合わせによって、トラック幅を  $1.7 \mu m$  以下に形成することができると共に、エッチングに要する時間を従来方法に比べて約  $1/2 \sim 1/3$  程度に短縮することが可能になる。

【0053】なお、無機系絶縁マスクを用いた磁性層のエッチング方法としては、本実施の形態ではイオンミリングを用いたが、その他の方法、例えば、無機系絶縁マスクの形成と同様に  $RIE$  を用いることも可能である。但し、この方法では飛散した磁性材の再付着の問題があるので、一旦、 $RIE$  により磁性層をエッチングした後、更にイオンミリングにより再付着した磁性材を取り除くようにすることが望ましい。

【0054】〔第 2 の実施の形態〕次に、図 5 ないし図 8 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。本実施の形態も、第 1 の実施の形態と同様に薄膜磁気ヘッドの記録トラックを形成する方法であるが、第 1 のマスクとして、フォトリソグロフの代わりにめっき膜を用いるもので、エッチング対象となる磁性層の膜厚が比較的厚い場合に好適な方法である。

【0055】本実施の形態においても、上記実施の形態と同様に、まず、図 5 に示したように、例えばアルティック（ $Al; O; \cdot TiC$ ）からなる基板 11 上に、例えばアルミナ（ $Al; O;$ ）よりなる絶縁層 12 を約  $3 \sim 5 \mu m$  程度の厚みで形成する。続いて、図示しないが、下部シールド層、記録ギャップ層、 $MR$  素子や  $GM$   $R$  素子等を形成した後、磁性層、例えばパーマロイよりなる上部シールド兼下部磁極（以下、下部磁極という）13 を約  $3 \sim 4 \mu m$  の厚みで選択的に形成する。続いて、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる膜厚約  $0.2 \sim 0.4 \mu m$  の記録ギャップ層 14 を形成し、この記録ギャップ層 14 上に、例えばスパッタ法により、トラック幅を決定するための膜厚  $4 \mu m$  の上部磁極層 15 を形成する。

【0056】続いて、この上部磁極層 15 上に、第 1 の実施の形態と同様に、例えばスパッタ法により記録ギャップ層と同じ材料のアルミナからなる膜厚  $0.8 \sim 1.5 \mu m$  の無機系絶縁膜 16 を形成する。この無機系絶縁膜 16 が上部磁極層 15 のエッチングマスク材となる。続いて、無機系絶縁膜 16 上に膜厚約  $50 nm$  のめっき用のシード層 17 を形成した後、このシード層 17 上にフォトリソグラフィによりフォトリソグロフのバタ

ーンを形成する。

【0057】続いて、シード層 17 上に、フォトリソグロフ膜 18 をマスクとして、電解めっき法により、例えばパーマロイ（ $NiFe$ ）からなるめっき層 19 を  $0.5 \sim 1.0 \mu m$  の厚みで選択的に形成する。このめっき層 19 が本発明の第 1 のマスクに相当する。なお、ここでは電解めっき法を用いたが、無電解めっき法により、パーマロイの代わりに、 $NiB$ 、 $NiP$ 、 $NiWB$ 、 $NiWP$  等のめっき層を形成するようにしてもよい。この方法ではシード層は不要である。

【0058】次に、フォトリソグロフ膜 18 を除去した後、図 6 に示したように、めっき層 19 をマスクとしたイオンミリングによって、シード層 17 を除去した後、更に、めっき層 19 をマスクとした  $RIE$  により無機系絶縁膜 16 を選択的に除去して、第 2 のマスクとしての無機系絶縁マスク 16a を形成する。このめっき層 19 をマスクとした  $RIE$  によって、厚い無機系絶縁膜 16 をサブミクロン寸法にエッチングすることが可能になる。

【0059】次に、図 7 に示したように、第 1 の実施の形態と同様に、無機系絶縁マスク 16a を用いた、例えば  $Ar$  のイオンミリングによって、上部磁極層 15 を選択的にエッチングする。このとき無機系絶縁マスク 16a の表面も同時にエッチングされ、その膜厚が薄くなる。

【0060】続いて、図 8 に示したように、 $RIE$  によって記録ギャップ層 14 を選択的に除去した後、再び、例えば  $Ar$  のイオンミリングによって下部磁極 13 の表面を約  $0.5 \mu m$  程度エッチングして、トリム構造を形成する。

【0061】本実施の形態では、エッチング対象となる磁性層の膜厚が比較的厚い場合においても、第 1 の実施の形態と同様に、磁性層（上部磁極層 15）を精度良く、かつサブミクロン寸法に形成することができる。その他の効果も第 1 の実施の形態と同様である。

【0062】〔第 3 の実施の形態〕次に、図 9 ないし図 21 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、図 9 ないし図 21 において、(a) はトラック面に垂直な断面を示し、

(b) は磁極部分のトラック面に平行な断面をそれぞれ示している。

【0063】本実施の形態に係る製造方法では、まず、図 9 に示したように、例えばアルティック（ $Al; O; \cdot TiC$ ）からなる基板 21 上に、例えばスパッタ法により例えばアルミナ（ $Al; O;$ ）よりなる絶縁層 22 を、約  $3 \sim 5 \mu m$  程度の厚みで形成する。次に、絶縁層 22 上に、フォトリソグロフ膜をマスクとして、めっき法にて、パーマロイ（ $NiFe$ ）を約  $3 \mu m$  の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層 23 を形

成する。続いて、例えばスパッタまたはCVD (Chemical Vapor Deposition) 法により約4~6 $\mu$ mの厚さのアルミナ膜(図示せず)を形成し、CMP (Chemical and Mechanical Polishing: 化学的機械研磨) によって平坦化する。

【0064】次に、図10に示したように、下部シールド層23上に、例えばアルミナを100~200nmの厚みでスパッタ法により堆積し、シールドギャップ膜24を形成する。次に、シールドギャップ膜24上に、再生用のGMR素子またはMR素子を構成するためのMR膜25を、数十nmの厚みに形成し、高精度のフォトリソグラフィで所望の形状とする。次に、シールドギャップ膜24およびMR膜25上に、シールドギャップ膜26を形成して、MR膜25をシールドギャップ膜24、26内に埋設する。

【0065】続いて、シールドギャップ膜26上に、例えばパーマロイ(NiFe)よりなる上部シールド兼下部磁極(以下、下部磁極と記す。)27を、約3~4 $\mu$ mの厚みで形成する。なお、下部磁極27は、本発明における第1の磁極および第1の磁性層に対応する。

【0066】次に、図11に示したように、スローハイトを決定するために選択的にフォトリソグラフィによりレジストパターンを形成した後、このレジストパターンをマスクにしてアルゴン(Ar)のイオンミリングを行い、下部磁極27に深さ約1.0 $\mu$ m程の溝部27aを形成する。

【0067】次に、図12に示したように、下部磁極27上に、膜厚約1~2 $\mu$ mの絶縁膜、例えばアルミナ膜28をスパッタ法またはCVD法にて形成する。

【0068】次に、図13に示したように、CMP法により、下部磁極27の表面が露出するように0.1~0.3 $\mu$ m程オーバーエッチングして、下部磁極27の表面を平坦化する。これによりエイベックスアングルとスロートハイトを規定するための絶縁層28aが下部磁極27の溝部27a内に埋め込み形成される。なお、この絶縁層28aは、アルミナに限らず、二酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)や、窒化珪素(SiN)等の他の絶縁材料により形成してもよい。

【0069】次に、図14に示したように、下部磁極27および絶縁層28a上に、例えば、スパッタ法により膜厚200~350nmの絶縁材料、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層29を形成する。続いて、この記録ギャップ層29上に、例えばスパッタ法により膜厚2~4 $\mu$ mの磁極層30を形成する。この磁極層30が後述のように、記録ヘッドのトラック幅を決定するための磁極先端部(ボールチップ)となる。磁極層30は、本実施の形態では、高飽和磁束密度材料(Hi-Bs材)、例えばNiFe(パーマロイ)、FeN、FeZrNP、CoFeNなどにより形成される。その後、例えば、スパッタ法により、磁極先端部(ボールチップ)

を形成するためのエッチングマスク材として膜厚0.5~1.0 $\mu$ mの無機系絶縁膜31、例えばアルミナ膜あるいは二酸化珪素膜を形成する。

【0070】次に、図15に示したように、無機系絶縁膜31上に膜厚約50nmのめっき用のシード層32を形成する。続いて、磁極先端部をハーフミクロンあるいはクォータミクロン寸法で形成するとき、更に寸法精度が要求される場合に、その寸法精度を可能にするために、このシード層32上にフォトリソグラフィによりフォトレジスト膜33のパターンを形成する。その後、フォトレジスト膜33をマスクとした電解めっき法により、シード層32上にパーマロイ(NiFe)からなるめっき層34a、34b(第1のマスク)を0.5~1.0 $\mu$ mの厚みで選択的に形成する。なお、ここでは電解めっき法を用いたが、無電解めっき法によりパーマロイの代わりに、NiB、NiP、NiWB、NiWP等のめっき層を形成するようにしてもよい。このときにはシード層は不要である。

【0071】次に、図16に示したように、フォトレジスト膜33を除去する。

【0072】次に、図17に示したように、めっき層34a、34bをマスクとして、例えばArのイオンミリングによって、シード層32を選択的に除去した後、更に、めっき層34a、34bをマスクとしたRIEにより無機系絶縁膜31を選択的に除去して、無機系絶縁マスク31a(第2のマスク)を形成する。

【0073】次に、図18に示したように、この無機系絶縁マスク31aを用いた例えばAr(アルゴン)のイオンミリングによって磁極層30を選択的に除去する。これにより、磁極先端部(ボールチップ)30a、および上部磁極と下部磁極の接続用の接続部パターン30bが形成される。接続部パターン30bにより下部磁極27と後述の上部磁極39とが接続され、後述のCMP工程後の開口(スルーホール)の形成が容易になる。なお、磁極先端部(ボールチップ)30aが本発明における第2の磁極に相当する。

【0074】続いて、図19に示したように、磁極先端部30aをマスクとして、その周辺の記録ギャップ層29を自己整合的にエッチングする。すなわち、無機系絶縁マスク31aおよび磁極先端部30aをマスクとした塩素系ガス(Cl<sub>2</sub>、CF<sub>4</sub>等)によるRIEにより、記録ギャップ層29を選択的に除去した後、露出した下部磁極27を、再び、例えばArのイオンミリングによって約0.5 $\mu$ m程度エッチングして、トリム構造の記録トラックを形成する。

【0075】次に、図20に示したように、記録ギャップ層29上に、例えば電解めっき法により、例えば銅(Cu)よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル35を2~3 $\mu$ mの厚みで形成する。続いて、記録ギャップ層39および薄膜コイル35上に、フォ

レジスト膜 3 6 を、高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成する。次に、薄膜コイル 3 5 の平坦化および薄膜コイル 3 6 間の絶縁化のために、例えば 2 5 0 ° C の温度で熱処理する。

【 0 0 7 6 】次に、図 2 1 に示したように、フォトレジスト膜 3 6 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる第 2 層目の薄膜コイル 3 7 を 2 ~ 3 μ m の厚みで形成する。次に、フォトレジスト膜 3 6 および薄膜コイル 3 7 上に、フォトレジスト膜 3 8 を、高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成し、薄膜コイル 3 7 の平坦化および薄膜コイル 3 7 間の絶縁化のために、例えば 2 5 0 ° C の温度で熱処理する。続いて、上部磁極（ヨーク部） 3 9 を、約 3 ~ 5 μ m の厚みに形成する。上部磁極 3 9 は、例えば、電解めっき法によって形成される Ni F e （ 5 0 重量 % : 5 0 重量 % ） 、あるいはスパッタ法によって形成される高飽和磁束密度（ H i - B s ）材により形成してもよい。なお、上部磁極 3 9 も、本発明における第 2 の磁性層に対応する。この上部磁極 3 9 は、薄膜コイル 3 5 、 3 7 よりも後方の位置において、ダミーパターン 3 0 b を介して、下部磁極 2 7 と接触し、磁氣的に連結される。最後に、上部磁極 3 9 上に、例えばスパッタ法によりアルミナよりなるオーバーコート層 4 0 を形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面（ A B S 、エアベアリング面） 4 1 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【 0 0 7 7 】以上のように、本実施の形態では、磁性層（磁極層 3 0 ）のエッチングマスクとして、従来のフォトレジストに代えて、無機系絶縁マスク 3 1 a を用いると共に、この無機系絶縁マスク 3 1 a をイオンミリングではなく R I E により形成するようにしたので、記録ヘッドのトラック（磁極先端部 3 0 a ）をサブミクロン寸法に精度良く、しかも短時間で形成することができる等、第 1 および第 2 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。従って、本実施の形態により得られる薄膜磁気ヘッドでは、記録ヘッドによる高面密度記録が可能となる。

【 0 0 7 8 】なお、磁極先端部 3 0 a 等の磁性層は高飽和磁束密度（ H i - B s ）材により形成されているので、トラック幅が狭くなっても、薄膜コイル 3 5 、 3 7 に発生した磁気が途中飽和することなく、有効に磁極先端部 3 0 a に到達する。従って、本実施の形態では、磁気損失のない記録ヘッドを実現できる。

【 0 0 7 9 】また、本実施の形態では、図 2 1 から明らかなように、上部磁極（ヨーク部） 3 9 はトラック面 4 1 から後退した位置において、磁極先端部 3 0 a と磁氣的に接続されている。すなわち、トラック面 4 1 においては、従来のように磁極先端部（ボールチップ） 3 0 a 上に上部磁極 3 9 が露出していない。従って、上部磁極 3 9 による書き込み不良がなく、磁極先端部 3 0 a で

トラック幅を決定できるため、ハードディスクへの書き込みの際に、隣のトラックに書き込むという不具合は生ずることがなく、磁束立ち上がり時間（ Flux Rise Time ）等の書き込み特性が向上する。

【 0 0 8 0 】更に、本実施の形態では次のような効果が得られる。すなわち、従来、薄膜コイルが絶縁膜上に形成されていたため、記録ヘッド側の性能を上げるためにコイルを 2 層、 3 層に形成した場合、エイベックスアングル  $\theta$  がその分大きくなり、それに伴って記録ヘッドのトラック幅を狭くすることができなかった。これに対して、本実施の形態では、アルミナからなる絶縁層 2 8 a が下部磁極 2 7 内に埋め込まれ、絶縁層 2 8 a が下部磁極 2 7 の表面と同一面となっているため、磁極先端部 3 0 a を平坦な箇所に形成することができる。従って、上記無機系絶縁マスクを使用したエッチングの効果と相まって、記録ヘッドのトラック幅を 1 . 0 μ m 、 0 . 5 μ m 、 0 . 2 5 μ m というように容易に微細化することができる。

【 0 0 8 1 】また、本実施の形態では、スロートハイトを規定する絶縁層 2 8 a が下部磁極 2 7 の溝部 2 7 a 内に埋め込まれているため、絶縁層 2 8 a の端縁の位置変動（パターンシフト）およびプロファイル悪化が生じることがない。そのため、スロートハイトの正確な制御が可能になる。更に、MRハイトの正確な制御や、エイベックスアングルの正確な制御も可能となる。

【 0 0 8 2 】また、本実施の形態では、絶縁層 2 8 a が下部磁極 2 7 内に埋め込まれているため、めっき法により薄膜コイルを形成するためにシード層をエッチングする際や、トリム構造を形成するために記録ギャップ層 2 9 と下部磁極 2 7 をエッチングする際における絶縁層 2 8 a の位置変動がなく、これによっても、スロートハイトの正確な制御が可能となる。

【 0 0 8 3 】また、薄膜コイル 3 5 、 3 7 と上部シールド（すなわち、下部磁極 2 7 ）と間には、厚い絶縁層 2 8 a が形成されているため、薄膜コイル 3 5 、 3 7 と上部シールドとの間に大きな絶縁耐圧を得ることができると共に、薄膜コイル 3 5 、 3 7 からの磁束漏れを低減できる。

【 0 0 8 4 】このようにして、本実施の形態によれば、トラック幅（磁極幅）の極微細化が可能であると共にエッチングに要する時間を大幅に短縮できることに加えて、トラック幅（磁極幅）、スロートハイト、MRハイトおよびエイベックスアングルが正確に制御され、且つ狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止できる、高性能の狭トラック構造の薄膜磁気ヘッドを製造することが可能となる。

【 0 0 8 5 】〔第 4 の実施の形態〕次に、図 2 2 ないし図 2 4 を参照して、本発明の第 4 の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。本実施の形態は、スローハイト近傍に厚い絶縁膜を設けるこ

とにより、磁束立ち上がり時間 (Flux Rise Time) や非線形トランジションシフト (Non-linear Transition Shift: NLTS) の改善が可能な方法である。なお、本実施の形態では、図 9 ないし図 1 8 までの工程は第 3 の実施の形態と同じであるので、その説明は省略し、その後の工程について説明する。なお、図 2 2 ないし図 2 4 において、(a) はトラック面に垂直な断面を示し、(b) は磁極部分のトラック面に平行な断面を示している。

【0086】本実施の形態では、図 2 2 に示したように、磁極先端部 3 0 a の傍らに膜厚約 1. 0 ~ 1. 5  $\mu$  m のフォトレジスト膜 4 2 のパターンを形成し、引き続き 2 0 0 ° C のアニールを施し、フォトレジスト膜 4 2 のパターン端部 4 2 a に丸みが得られるようにする。

【0087】その後の工程は第 3 の実施の形態と同様である。すなわち、図 2 3 に示したように、フォトレジスト膜 4 2 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅 (Cu) よりなる誘導型の記録ヘッド用の第 1 層目の薄膜コイル 3 5 を 2 ~ 3  $\mu$  m の厚みで形成する。続いて、フォトレジスト膜 4 2 および薄膜コイル 3 5 上に、フォトレジスト膜 3 6 を、高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成する。次に、薄膜コイル 3 5 の平坦化および薄膜コイル 3 6 間の絶縁化のために、例えば 2 5 0 ° C の温度で熱処理する。

【0088】次に、図 2 4 に示したように、フォトレジスト膜 3 6 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる第 2 層目の薄膜コイル 3 7 を 2 ~ 3  $\mu$  m の厚みで形成する。次に、フォトレジスト膜 3 6 および薄膜コイル 3 7 上に、フォトレジスト膜 3 8 を、高精度のフォトリソグラフィで所定のパターンに形成し、薄膜コイル 3 7 の平坦化および薄膜コイル 3 7 間の絶縁化のために、例えば 2 5 0 ° C の温度で熱処理する。続いて、上部磁極 3 9 を約 3 ~ 5  $\mu$  m の厚みに形成する。最後に、上部磁極 3 9 上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 4 0 を形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面 4 1 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0089】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 3 の実施の形態と同様である。

【0090】なお、図 2 5 は上記第 3 または第 4 実施の形態に係る製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドの平面図であり、図 2 6 は磁極先端部 3 0 a と上部磁極 3 9 とを取り出して示す平面図である。なお、図 2 5 では、オーバーコート層 4 0 を省略している。また、この図は、スライダの機械加工を行う前の状態を表している。この図において、TH はスロートハイトを表しており、このスロートハイト TH は、前述のように下部磁極 2 7 に埋め込まれた絶縁層 2 8 a の磁極部分側の端縁によって規定される。

【0091】〔第 5 の実施の形態〕図 2 7 は本発明の第 5 の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドの構成を表

すものである。この磁気ヘッドは、磁性膜と数十 nm のギャップ層を交互に複数層重ねたラミネート構造の上部磁極を有するものである。このように上部磁極をラミネート構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。

【0092】本実施の形態は、このようなラミネート構造の上部磁極 (ヨーク部) 3 9 を形成する際に本発明を適用したものである。すなわち、磁性膜 4 3 上に、ギャップ層としての無機系絶縁膜 4 4 を形成した後、この無機系絶縁膜 4 4 を、めっき層をマスクとした R I E によりエッチングし、引き続き無機系絶縁膜 4 4 をマスクとしたイオンミリングにより磁性膜 4 3 をエッチングした後、更に無機系絶縁膜 4 4 の R I E、磁性膜 4 3 のイオンミリングを数回繰り返すことで、ギャップ層に何層も挟まれた構造のラミネート構造の上部磁極 3 9 を形成する。なお、詳細な工程は上記実施の形態と実質的に同様であるので、その説明は省略する。

【0093】以上実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく種々変形可能である。例えば、上記実施の形態において、上部磁極には、例えば NiFe (Ni : 5 0 重量 % , Fe : 5 0 重量 % ) , NiFe (Ni : 8 0 重量 % , Fe : 2 0 重量 % ) の他、FeN , FeCoZr 等の高飽和磁束密度材を用いる例について説明したが、これらの材料を 2 種類以上積層した構造としてもよい。また、下部磁極も同様に、NiFe とその他の高飽和磁束密度材を積層した構造としてもよく、本発明による方法はこの下部磁極等のエッチングにも適用可能である。更に、上記実施の形態では、高飽和磁束密度材により形成された磁性層をエッチングする例について説明したが、高飽和磁束密度材以外の磁性層のエッチングにも広く適用することも可能である。

【0094】また、上記各実施の形態では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の薄膜磁気ヘッドの製造にも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層の順序を入れ換えた構造の薄膜磁気ヘッドの製造にも適用することができる。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように本発明の磁性層のエッチング方法、薄膜磁気ヘッドの磁極の形成方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、無機系絶縁膜 (第 2 のマスク) を、フォトレジスト膜やめっき膜からなる第 1 のマスクを用いた反応性イオンエッチングにより形成し、この第 2 のマスクを用いて磁性層のエッチングを行うようにしたので、磁性層を極微細寸法に精度良く加工することができると共に、エッチング速度が速くなり、スループット (処理効率) が向上するという効果を

奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る磁性層のエッチング方法を説明するための断面図である。

【図 2】図 1 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3】図 2 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態に係る磁性層のエッチング方法を説明するための断面図である。

【図 5】図 4 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 6】図 5 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】図 6 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 8】図 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための断面図である。

【図 10】図 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 11】図 10 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 12】図 11 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 13】図 12 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 14】図 13 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 15】図 14 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 16】図 15 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 17】図 16 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 18】図 17 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 19】図 18 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 20】図 19 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 21】図 20 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 22】図 21 に続く工程を説明するための断面図で

ある。

【図 23】図 22 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 24】図 23 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 25】本発明の第 3 の実施の形態に係る製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図 26】図 25 の薄膜磁気ヘッドの磁極先端部および上部磁極を取り出して表す平面図である。

10 【図 27】本発明の第 4 の実施の形態に係るラミネートヨークポール型の薄膜磁気ヘッドの構成を表す平面図である。

【図 28】従来の薄膜磁気ヘッドの構成を表す断面図である。

【図 29】従来の他の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための断面図である。

【図 30】図 29 に続く工程を説明するための断面図である。

20 【図 31】図 30 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 32】図 31 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 33】図 32 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 34】図 33 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 35】図 34 に続く工程を説明するための断面図である。

30 【図 36】図 35 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 37】図 36 に続く工程を説明するための断面図である。

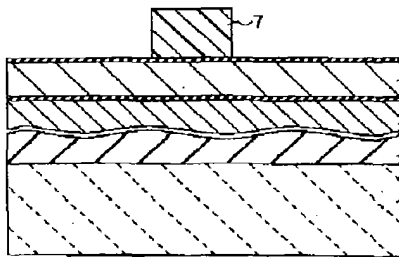
【図 38】従来の薄膜磁気ヘッドにおけるトラック面に垂直な断面を示す断面図である。

【図 39】従来の薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分のトラック面に平行な断面を示す断面図である。

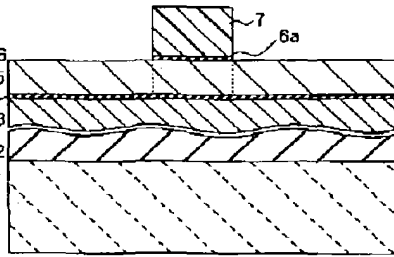
【符号の説明】

1, 11, 21…基板、3, 13, 27…上部シールド兼下部磁極（下部磁極）、5, 15…上部磁極層、6, 16, 31…無機系絶縁膜、6a, 16a, 31a…無機系マスク（第 2 のマスク）、7…フォトリソマスク（第 1 のマスク）、17…シード層、19…めっき層（第 1 のマスク）、25…MR 膜、28a…絶縁層、30…磁極層、30a…磁極先端部（ポールチップ）、35, 37…薄膜コイル、39…上部磁極（ヨーク部）

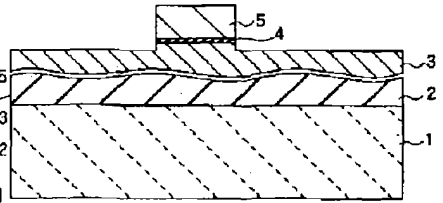
【 図 1 】



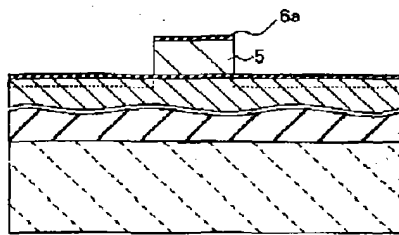
【 図 2 】



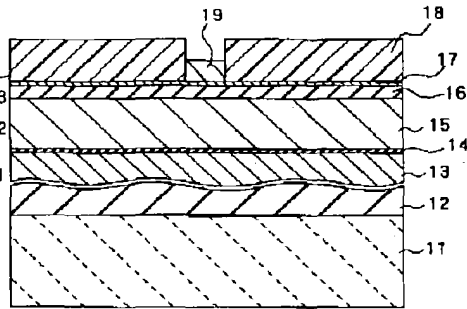
【 図 4 】



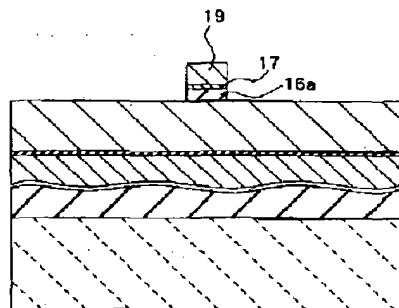
【 図 3 】



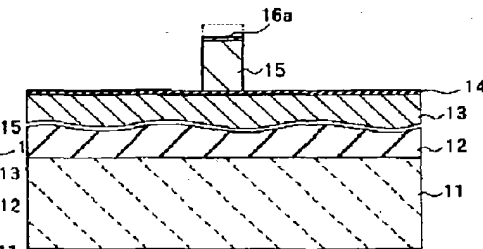
【 図 5 】



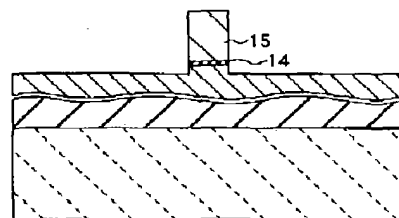
【 図 6 】



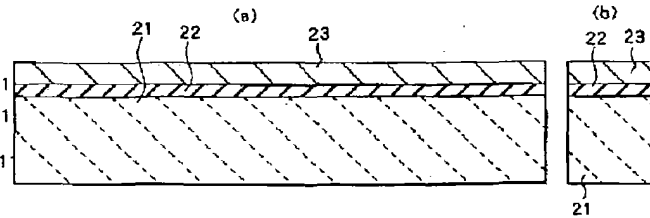
【 図 7 】



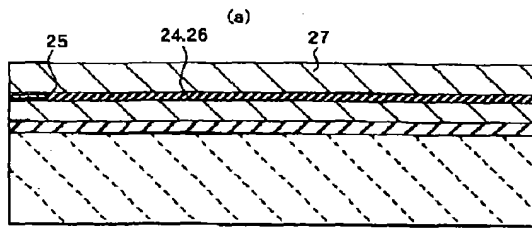
【 図 8 】



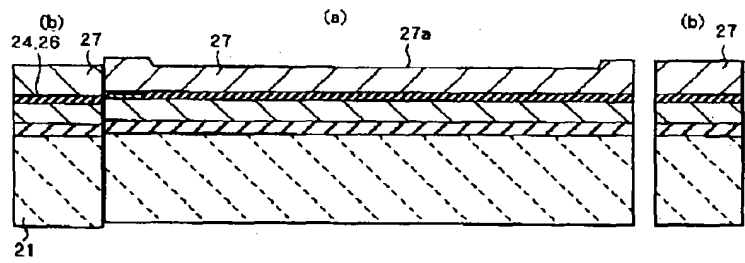
【 図 9 】



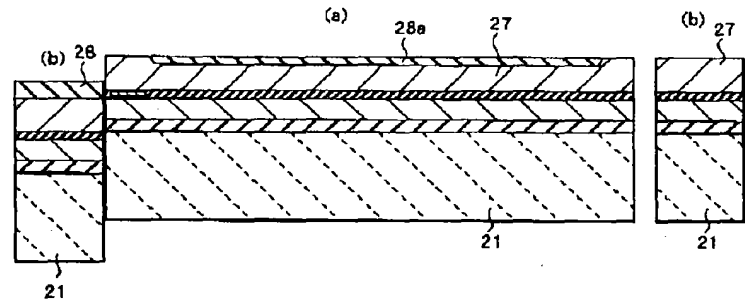
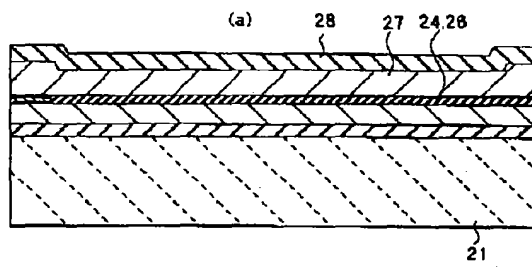
【図 10】



【図 11】

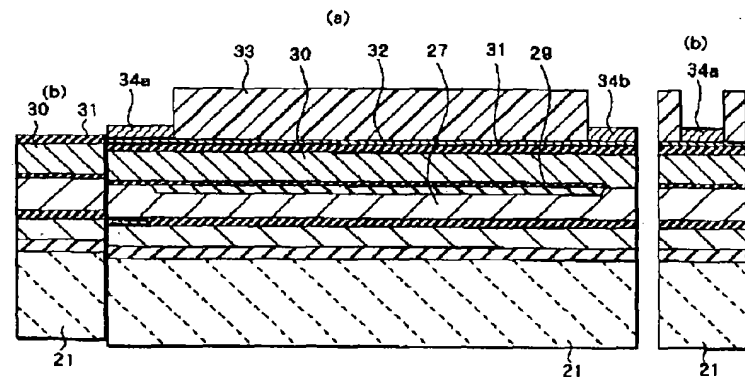
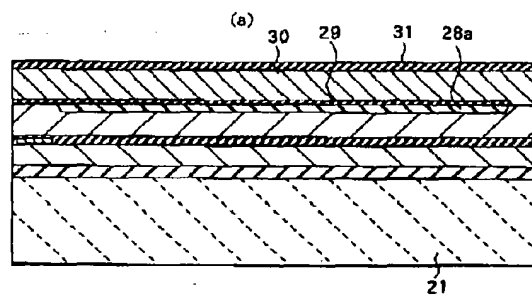


【図 12】

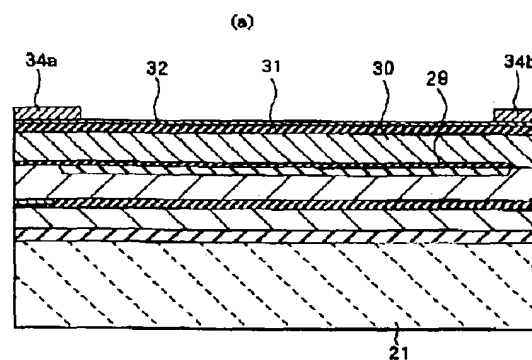


【図 15】

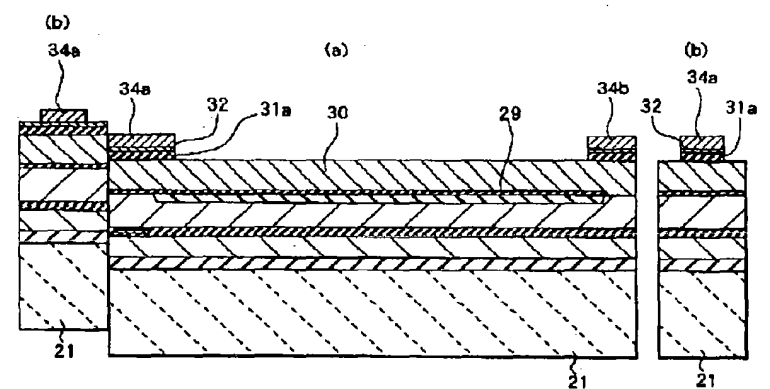
【図 14】



【図 16】



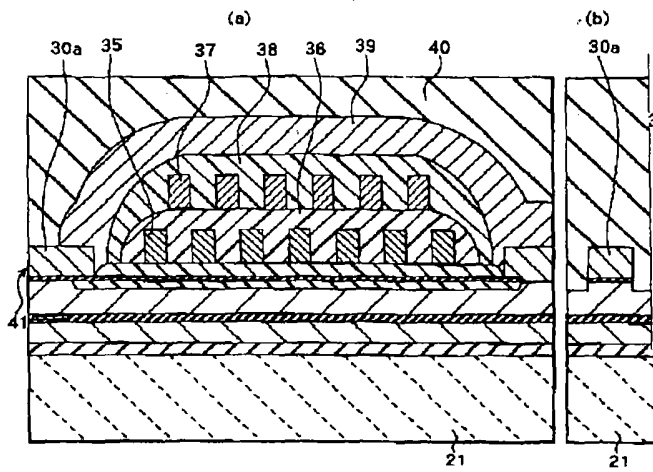
【図 17】



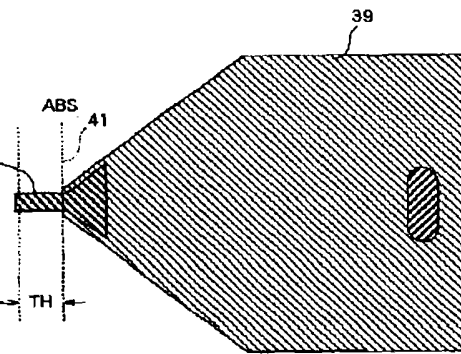




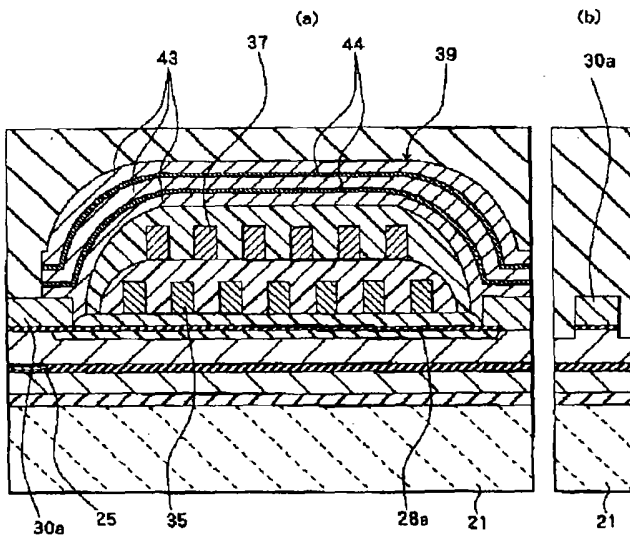
【 図 2 4 】



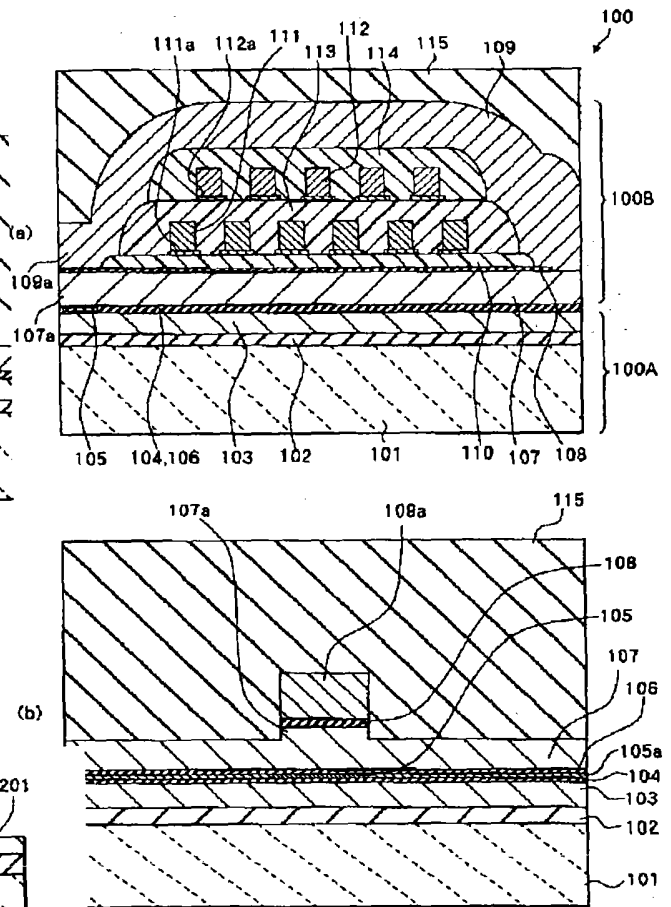
【 図 2 6 】



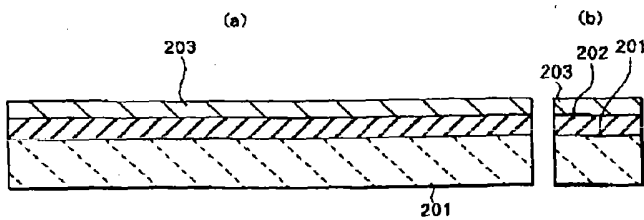
【 図 2 7 】



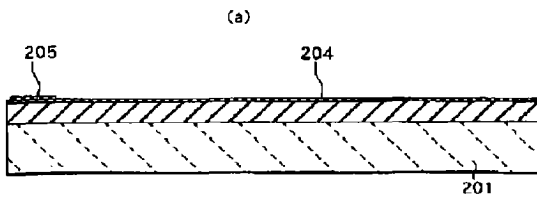
【 図 2 8 】



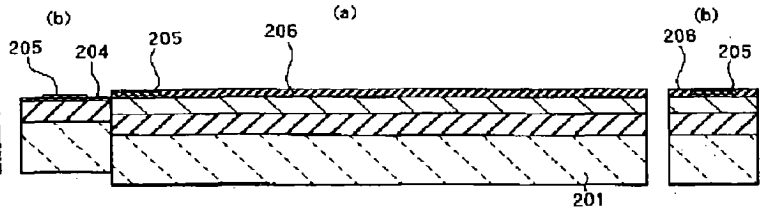
【 図 3 0 】



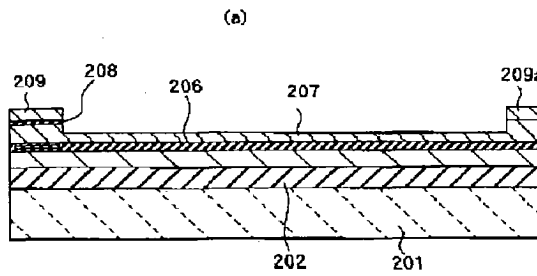
【図 3 1】



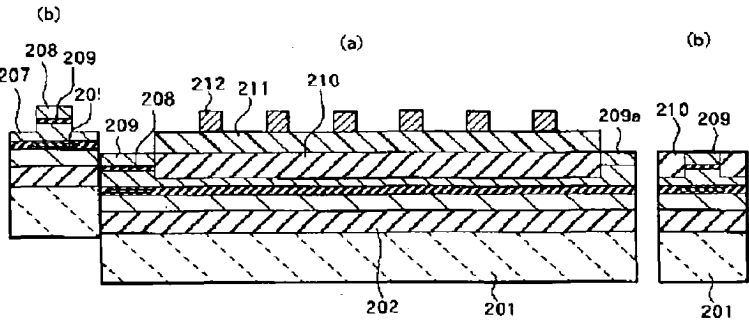
【図 3 2】



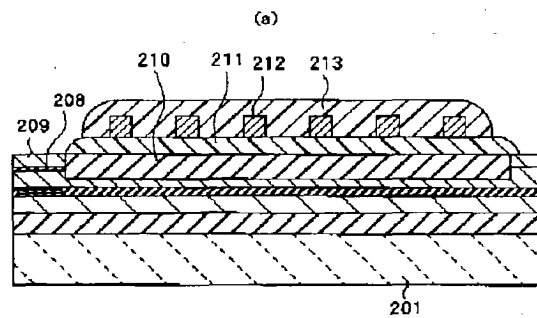
【図 3 3】



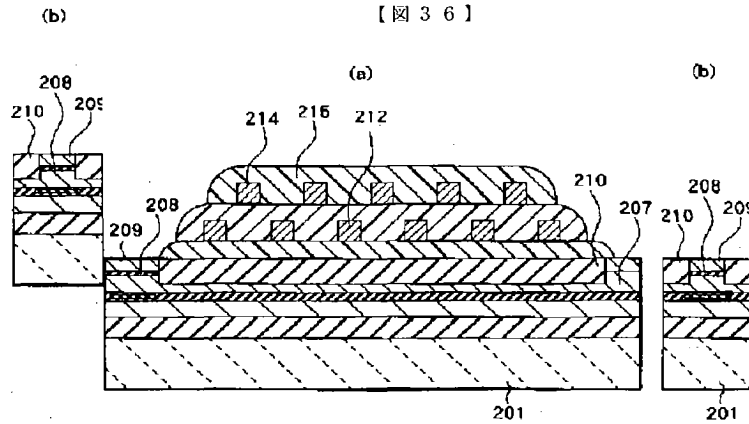
【図 3 4】



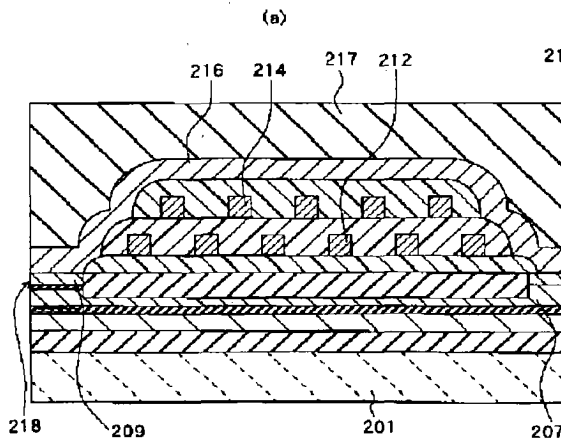
【図 3 5】



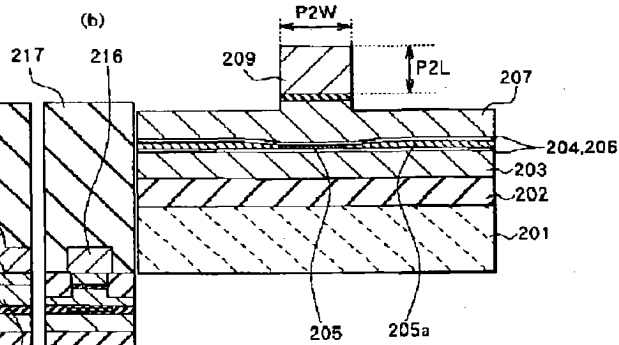
【図 3 6】



【図 3 7】



【図 3 9】



【 3 8 】

